

Publication No. DE 42 42 808 A1

**Abstract**

A mobile radio network is planned with fixed radio stations (base transceiver stations) to form a cellular system with specific cells. Interference strength caused by fixed radio stations in cells to be served is measured based on the field strength of the radio stations in the planning area.

The strength of noise or interference is converted into a percentage value in a noise matrix to define a usable frequency spectrum and a number of available channels for each radio station. Mixing and allocation algorithms are used to reduce the interference for optimum use of the frequency spectrum.

USE/ADVANTAGE- AMPS, NMT, C450 or ther mobile radio networks.

Efficient use of frequency spectrum, noise-minimised frequency distribution, optimised BTS parameters.



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift

⑩ DE 42 42 808 A 1

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 04 B 7/26  
G 06 F 15/56

②① Aktenzeichen: P 42 42 808.4  
②② Anmeldetag: 17. 12. 92  
②③ Offenlegungstag: 23. 6. 94

Vorlage	Ablage	02370
Haupttermin		
Eing.: 05. DEZ. 2005		
PA. Dr. Peter Riebling		
Bearb.:	Vorgelegt.	

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Menzel, Christian, Dr.-Ing., O-7024 Leipzig, DE;  
Slanina, Peter, Dipl.-Ing., Judenau, AT; Hoffmann,  
Günther, Dipl.-Ing., 8034 Germering, DE

⑤④ Verfahren zur Planung zellulärer Mobilfunknetze

⑤⑦ Bei dem Verfahren werden, basierend auf Feldstärkeverteilungen von zu planenden ortsfesten Funkstationen innerhalb eines Planungsgebietes, die von den einzelnen ortsfesten Funkstationen zu versorgenden Funkzonen (Zellen) ermittelt. Danach wird die Stärke der gegenseitigen Störungen der ortsfesten Funkstationen ermittelt und diese Stärken werden in einer Störmatrix abgelegt. Basierend auf der Störmatrix wird einem benutzbaren Frequenzspektrum und einer für jede ortsfeste Funkstation feststehenden Anzahl erforderlicher Kanäle eine Frequenzanfangszuweisung durchgeführt.

DE 42 42 808 A 1

DE 42 42 808 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 94 403 025/218

6/36

DE 42 42 808 A1

1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Planung zellulärer Mobilfunknetze mit ortsfesten Funkstationen (BTS — Base Transceiver Stations), welche in räumlicher Anordnung ein Zellularsystem mit Funkzellen bilden.

Mit der Entwicklung von Mobilfunknetzen, wie z. B. AMPS, NMT, C450 oder ähnlichen würde es nötig, entsprechende Planungen für den Aufbau dieser Netze durchzuführen. Dabei wird, ausgehend von für die einzelnen ortsfesten Funkstationen durch Rechnung oder Messung ermittelten Feldstärkeverteilungen, durch Einzelvergleich dieser Feldstärkeverteilungen untereinander eine Störmatrix ermittelt, in welcher festgehalten ist, ob eine Frequenzwiederverwendung zwischen den entsprechenden ortsfesten Funkstationen möglich ist oder nicht. Dieser Vergleich ist aufwendig und zwar insbesondere dann, wenn sehr viele ortsfeste Funkstationen zu einem Planungsgebiet gehören. Die Ergebnisse des Vergleiches, der beispielsweise am Bildschirm in Form einer Überlagerung von zwei Feldstärkeverteilungen durchgeführt wird, sind recht subjektiv und haben überdies den Nachteil, daß die Lage der Zellgrenzen in dem zellulären Mobilfunknetz, welche die Relevanz von gestörten Flächen stark beeinflusst, unberücksichtigt bleibt. Bei der ermittelten Störmatrix wird nur eine Entscheidung festgehalten, ob eine Frequenzwiederverwendung zwischen den beiden betreffenden ortsfesten Funkstationen erlaubt ist oder nicht. Auf dieser Störmatrix setzt ein Algorithmus auf, welcher eine Zuweisung der für das Planungsgebiet möglichen Frequenzen auf die einzelnen ortsfesten Funkstationen vornimmt.

Bedingt durch den digitalen Charakter der Störmatrix, d. h. die Ja/Nein-Entscheidung über eine Frequenzwiederverwendung, ist die Zahl der insgesamt den ortsfesten Funkstationen zuweisbaren Frequenzen von Anfang an begrenzt. Die Höchstzahl zuweisbarer Frequenzen hängt dabei vom Ablauf des Zuweisungsalgorithmus ab. Eine gefundene Frequenzverteilung kann auch nicht mehr weiter optimiert werden, da sie das Kriterium "Störmatrix" schon von Anfang an erfüllt und kein weiteres Kriterium existiert für eine Beurteilung, ob eine Veränderung der Frequenzverteilung zu einer Verbesserung der Störsituation im Netz geführt hat.

Damit ist es auch nur in bestimmten Fällen möglich, eine feste Anzahl von erforderlichen Frequenzen pro ortsfeste Funkstation (z. B. aus Verkehrskapazitätsforderungen resultierend) vorzugeben und unter dieser Randbedingung eine Frequenzverteilung mit möglichst geringen Störungen zu finden.

Bedingt durch die Art der Ermittlung der Störmatrix selbst und der Zuweisung der Frequenzen kann keine Frequenzverteilung gefunden werden, welche bei möglichst geringen Störungen eine höchstmögliche Gesamtverkehrskapazität des Funknetzes ergibt.

Auch ist eine Optimierung von Parametern der ortsfesten Funkstationen des Funknetzes hinsichtlich einer minimierten Gesamtstörsituation recht aufwendig, weil jede Änderung der BTS-Konfiguration die Störmatrix beeinflusst, wodurch neue interaktive Vergleiche zwischen den betreffenden ortsfesten Funkstationen notwendig werden, was überdies eine Ermittlung der ortsfesten Funkstationen voraussetzt, die von den Änderungen im Netz betroffen sein könnten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Planung von zellulären Mobilfunknetzen zu schaffen, bei dem die pro ortsfeste Funkstation erforderliche

2

Frequenzzahl fest vorgegeben werden kann, eine frequenzspektrum-effiziente und störungsminimierte Frequenzverteilung ermittelt wird und eine Optimierung von BTS-Parametern hinsichtlich der Gesamtstörsituation einfach durchgeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren, welches auf der Anwendung eines integrierten Funknetzplanungstools basiert, baut auf den rechnerisch oder auch meßtechnisch gewonnenen Feldstärkeverteilungen der zum Planungsgebiet gehörenden ortsfesten Funkstationen auf. In einem nächsten Verfahrensschritt werden simultan über das gesamte Planungsgebiet die Zellgrenzen zwischen den von den einzelnen ortsfesten Funkstationen versorgten Funkzellen ermittelt. Danach wird die Störmatrix bestimmt. Dabei wird ermittelt, wie stark die Störungen jeder anderen ortsfesten Funkstation innerhalb der Funkzellen der betrachteten ortsfesten Funkstation wären, wenn ein Gleichkanal-Reuse oder auch ein Nachbarkanal-Reuse zwischen den ortsfesten Funkstationen vorgenommen wurde. Die Störmatrix ist damit eine Matrix von die Stärke dieser möglichen Störungen beschreibenden Werten. Durch die Berücksichtigung der vorherberechneten Zellgrenzen werden dabei gestörte Flächen, die außerhalb der Funkzellen liegen, bei der Bestimmung der Stärken dieser möglichen Störungen eliminiert.

Auf dieser Störmatrix setzt zunächst ein Frequenzzuweisungsalgorithmus auf. Dieser verteilt die Frequenzen eines vorgegebenen Frequenzspektrums auf die ortsfesten Funkstationen des Planungsgebietes in der Weise, daß jeder ortsfesten Funkstation so viele Frequenzen zugeordnet werden, wie zur Abdeckung des Verkehrs in ihrer Funkzelle notwendig sind und daß entsprechende planungs- und systemspezifische Randbedingungen möglichst gut erfüllt werden.

Durch diese auf der Störmatrix basierende Frequenzzuweisung wird zwar Frequenz-Reuse zwischen ortsfesten Funkstationen mit hohen gegenseitigen Störungen vermieden, jedoch ist es nicht zwingend gegeben, daß die ermittelte Frequenzverteilung hinsichtlich der gesamten Störsituation schon optimal ist. Um das zu erreichen, wird, basierend auf dem Ergebnis der Frequenzerstzuweisung und der Störmatrix, eine Frequenzoptimierung durchgeführt. Dabei werden die Frequenzen zwischen den ortsfesten Funkstationen getauscht bzw. in den ortsfesten Funkstationen geändert. Nach jedem Vertauschungs- oder Änderungszyklus wird mittels der Störmatrix ein die Störsituation im Gesamtnetz beschreibender Zielfunktionswert berechnet. Verbessert sich dieser Zielfunktionswert über eine bestimmte Anzahl von Zyklen nicht mehr, so ist die unter den entsprechenden planungs- und systemspezifischen Randbedingungen, die natürlich auch während der Optimierung berücksichtigt werden, optimale Frequenzverteilung gefunden. Optimal heißt dabei, daß die durch die Frequenzanzahlen pro ortsfeste Funkstation vorgegebene Verkehrsverteilung bei den entsprechenden Feldstärkeverteilungen jeder ortsfesten Funkstation mit geringstmöglichen Störungen im Planungsgebiet abgedeckt wird und auch ggf. weitere eingegebene Randbedingungen, wie beispielsweise minimale Anzahl von Antennensystemen pro BTS und gesperrte oder fixierte Frequenzen pro BTS, erfüllt sind.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber bekannten Verfahren liegen besonders darin,

DE 42 42 808 A1

3

daß die Anzahl der in den ortsfesten Funkstationen zuweisbaren Frequenzen nicht von Beginn an durch einen Zuweisungsalgorithmus begrenzt wird und daß wegen der verfahrensgemäßen Störmatrix das Ergebnis der Frequenzerstzuweisung durch eine Optimierung noch deutlich verbessert werden kann.

Da die Planungsschritte vorzugsweise gleichzeitig für alle ortsfesten Funkstationen des Planungsspektrums durchgeführt werden, ist eine interaktive Arbeit innerhalb eines Verfahrensdurchlaufes nicht erforderlich. Das führt zu einer wesentlichen Vereinfachung und zeitlichen Beschleunigung der Planung, wenn in einem Funknetz die BTS-Parameter nicht nur hinsichtlich der Feldstärkenbedeckung, sondern auch hinsichtlich der Störsituation optimiert werden sollen.

Nach erfolgter Frequenzzuteilung erfolgt eine Analyse des so generierten Frequenz-Reuse. Dieses Analyseverfahren beurteilt die Frequenzaufteilung nach der Wahrscheinlichkeit, daß bestimmte, definierbare Qualitätskriterien unterschritten werden. Im Gegensatz zu anderen Verfahren ermöglicht dieses Verfahren für beliebig viele Störer mit hinreichender Genauigkeit die voraussichtliche Gesprächsqualität zu jedem Planungs-ort und jeder Frequenz zu beurteilen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist allgemein zur Planung von zellularen Mobilfunknetzen geeignet. Nachstehend wird die Erfindung anhand spezieller funktioneller Merkmale bei der Durchführung des Verfahrens für die Planung der gerade realisierten und in Vorbereitung befindlichen Mobilfunknetze, nämlich GSM, DCS und PCN näher erläutert. Das beschriebene Verfahren zum Planen und Optimieren von Mobilfunknetzen wird mittels eines integrierten Tools durchgeführt, welches spezifische Funktionen für diese Mobilfunknetze enthält. Das dabei erzielte Planungsergebnis beinhaltet alle Daten der Luftschnittstelle der geplanten Basisstationen, d. h. ortsfesten Funkstationen (z. B. Sendeleistung, Antennentyp, Antennen-Hauptstrahlrichtung, Antennenhöhe, Antennen-Kippwinkel, Sendefrequenzen, Zeitschlitzzuweisung usw.).

Die wichtigsten Funktionen des Tools für die Funknetzgestaltung und Optimierung sind:

1. Grobplanung der Störung und Feldstärkebedeckung ohne Topo- und Morpho-Daten, aber mit vollständigen Basisstations-Daten und Antennendiagrammen. Der Benutzer kann zwischen drei unterschiedlichen Morphostrukturen wählen, nämlich Freiland, Stadt und Großstadt. Zur Bestimmung der Feldstärke werden empirische Formeln nach Hata & Okumura verwendet.

## 2. Dämpfungsberechnung

Hierbei werden im Tool die Median-Werte der Dämpfung berechnet unter Berücksichtigung der topographischen sowie morphographischen Daten. Die Berechnung ermittelt die Dämpfungswerte für jeden Punkt der Verbindungslinie von der Basisstation zur Mobilstation und wählt automatisch die notwendige Vorhersagemethode, wobei im verwendeten Tool u. a. folgende Methoden enthalten sind: free line-of-sight, free space loss calculation, empirische Vorhersagefaktoren und Formeln von Hata & Okumura, für quasi-open terrain, für irregular terrain, für verschiedene Morphostrukturen usw.

## 3. Zellgrenzberechnung

Im Tool sind die Handover-Algorithmen der entspre-

4

chenden Funknetzempfehlungen, beispielsweise die GSM-Recommendations, implementiert. Dazu gehören Power Budget, absolute Feldstärke und absolute Entfernung. Ein Rasterelement wird jeder ortsfesten Funkstation zugeordnet, bei der die Berechnung des Power Budget ein Maximum ergibt, falls eine ausreichende Empfangsleistung am Standort der Mobilstation vorhanden ist. Wenn es keine ortsfeste Funkstation gibt, die dieses Rasterelement versorgen könnte, wird dieses Element als unterversorgt gekennzeichnet. Die Gleichkanal-Störungsberechnung schließt unterversorgte Rasterelemente aus.

Es werden der Empfangspegel und die Versorgungswahrscheinlichkeit unter Verwendung der vorher berechneten und gespeicherten Dämpfungsdaten berechnet. Die Zellgrenzberechnung verwendet während ihres Ablaufes die Log-normal-Verteilung, morphographische Standardabweichung, Antennen-Charakteristik und BTS-Parameter (Sendeleistung, Dämpfung usw.). Nach der Bestimmung der Zellgrenzen und der Berechnung der Feldstärkewerte wird eine automatische Erstellung der Nachbarschaftsrelationen durchgeführt.

## 4. Störmatrixberechnung

Die Störmatrix ist die Grundlage für die automatische Frequenzzuweisung und -optimierung. Es gibt zwei Matrizen, eine für Gleichfrequenz-Reuse und eine für Nachbarfrequenz-Reuse. Jedes Element der Matrizen enthält für jede einzelne Basisstation die Störwahrscheinlichkeit durch eine Reuse-Basisstation.

## 5. Verkehrsplanung

Aus einer Verkehrsdatenbank, welche die Verteilung der Teilnehmer im Planungsgebiet beinhaltet, wird die Anzahl der Teilnehmer für jedes Basisstationsgebiet ermittelt. Der Planer kann die Parameter für das Verkehrsmodell, welches das Verhalten der Teilnehmer beschreibt, und Systemparameter, die eine konkrete Software-Konfiguration der Systemkomponenten (Anzahl PCH's = Paging Channels und AGCH's = Access Grant Channels, paging groups, periodical location updates usw.) beschreiben, eingeben. Hieraus wird die Anzahl der benötigten TCHs (Traffic Channels) und CCHs (Control Channels) für jede Basisstation ermittelt. Aus diesen Daten kann die jeweilige Anzahl an Sendefrequenzen berechnet werden, wobei es möglich ist, zusätzliche Frequenzen zu reservieren. Die gefundenen Anzahlen der Frequenzen können für die nachfolgende Frequenzoptimierung genutzt werden.

## 6. Frequenzoptimierung

Nach einer Frequenzzuweisung wird anschließend eine Frequenzoptimierung durchgeführt. Außerdem werden die Frequenzen auf Combiner zugewiesen, eine BCCH-Frequenz (Broadcast Channel-Frequenz) bestimmt und die benötigten logischen Kanäle auf die Zeitschlitzte aufgeteilt.

Bei der Frequenzzuweisung, d. h. der Erstzuweisung wird zunächst jeder Basisstation eine Frequenz zugewiesen, die nach den vom Planer entschieden Strategien "Störungsminimierung" oder "Combiner-Minimierung" ausgewählt wird. Die Optimierung arbeitet nach dem Zielfunktionskonzept der nichtlinearen Optimierung. Es wird jede in der Basisstation erlaubte Frequenz geprüft, ob sie einen geringeren Wert der Zielfunktion

DE 42 42 808 A1

5

hervorrufen als eine bereits zugewiesene Frequenz. Falls dies der Fall ist, wird die alte Frequenz ersetzt. Ebenso wird geprüft, ob eine Vertauschung der Frequenzen zweier Basisstationen die Zielfunktion verbessert. Bei der Ermittlung von Störungen wird berücksichtigt, wie stark eine Frequenz in das Gebiet einer Reuse-Basisstation hineinstört und nicht nur eine Entscheidung zwischen "Interferenz Ja/Nein" gefällt. Nach der Frequenzoptimierung besteht die Möglichkeit, die geplanten Frequenzen automatisch den Combinern der Basisstation zuzuweisen.

6

rung der Gesamtstörungen bei bestmöglicher Ausnutzung des Frequenzspektrums optimiert wird und daß ferner bei der Frequenzanfangszuweisung und der nachfolgenden Optimierung systemspezifische und planungsbedingte Randbedingungen berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Verfahrensschritte für alle ortsfesten Funkstationen eines Planungsgebietes gleichzeitig durchgeführt werden.

### 7. Störungsberechnung

Diese Berechnung ermittelt die Störwahrscheinlichkeit für ein Rasterelement durch Signale von anderen Zellen, welche dieselbe Frequenz benutzen. Der Algorithmus bestimmt den Medianwert für C/I (Carrier/Interferer) in jedem Rasterelement für jede Reuse-Basisstation. Eine Basisstation gilt dann als gestört, wenn die Wahrscheinlichkeit, daß ein bestimmtes C/I unterschritten wird, größer ist als ein vom Planer wählbarer Wert. Falls mehrere Basisstationen an der Störung beteiligt sind, wird die Überschneidungswahrscheinlichkeit ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Analyse geben dem Planer einen Einblick, welche Flächen oder Basisstationen bei der gewählten Belegung zu stark stören wurden. Er muß nun entscheiden, ob die Resultate annehmbar sind oder er Änderungen vornehmen muß, die die Ergebnisse verbessern könnten (z. B. Anzahl benötigter Frequenzen, Sendeleistung, verwendete Antenne und deren Richtung, Anzahl der Basisstationen etc.).

Das Planungstool berechnet außerdem die Störwahrscheinlichkeit für jede einzelne Frequenz einer Basisstation. Die Berechnung berücksichtigt jedes Rasterelement der Planung. Außerdem wird auch die Gesamtstörung für jede Basisstation ermittelt (Qualitätsaussage der Planung).

Eine Störberechnung kann sowohl mit den vom Planer eingegebenen Daten als auch mit den Ergebnissen der Frequenzoptimierung durchgeführt werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Planung zellularer Mobilfunknetze mit ortsfesten Funkstationen (BTS-Base Transceiver Stations), welche in räumlicher Anordnung ein Zellularsystem mit Funkzonen bilden, dadurch gekennzeichnet, daß, basierend auf Feldstärkeverteilungen von zu planenden ortsfesten Funkstationen innerhalb eines Planungsgebietes die von den einzelnen ortsfesten Funkstationen zu versorgenden Funkzonen (Zellen) ermittelt werden, daß die Stärke der gegenseitigen Störungen, die jede ortsfeste Funkstation innerhalb der von einer anderen ortsfesten Funkstation zu versorgenden Funkzone verursacht, in einem Gesamtschritt ermittelt wird und diese Stärken vorzugsweise in Form eines Prozentwertes in einer Störmatrix abgelegt werden, daß, basierend auf der Störmatrix, einem benutzbaren Frequenzspektrum und einer für jede ortsfeste Funkstation feststehende Anzahl erforderlicher Kanäle, eine Frequenzanfangszuweisung durchgeführt wird und die damit gefundene Frequenzverteilung innerhalb des Planungsgebietes nachfolgend durch Vertauschungs- und Neuzuweisungsalgorithmen schrittweise mit dem Ziel der Verringerung